


Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета
инженерно-физического факультета
и высоких технологий,
от «16» июня 2020 г., протокол № 11

Председатель _____ / А. М. Хусаинов /
(подпись, расшифровка подписи)
« 16 » июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина:	«Материаловедение наноматериалов и наносистем»
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий (ИФФВТ)
Кафедра	Кафедра Физического материаловедения (ФМ)
Курс	3

Направление (специальность): 28.03.02 «Наноинженерия»

код направления (специальности), полное наименование

Направленность

(профиль/специализация) **Наноинженерия в машиностроении**

полное наименование

Форма обучения очная

очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)

Дата введения в учебный процесс УлГУ: «01» сентября 2020 г.

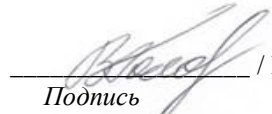
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.


Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Махмуд-Ахунов М.Ю.	ФМ	Доцент, к.ф.-м.н.

СОГЛАСОВАНО
Заведующий выпускающей кафедрой физического материаловедения
<p style="text-align: center;"> _____ / В.Н. Голованов / Подпись / ФИО « 5 » июня 2020 г.</p>

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

- формирование у студентов систематизированных знаний и практических навыков в области общего материаловедения;
- формирование систематизированных знаний по физическим принципам получения наноматериалов, анализу их свойств и практическому применению;
- формирование у студентов навыков проведения научно-практических экспериментов;
- формирование комплексных профессиональных и общекультурных компетенций в сфере профессиональной и научно-исследовательской деятельности.

Задачи освоения дисциплины:

- познакомить студентов с основными особенностями кристаллической структуры и дефектами строения твердых тел, энергетическими условиями процесса кристаллизации и анализа фазовых превращений, а также их влияние на механические, технологические и эксплуатационные свойства металлов;
- познакомить студентов с основными размерными эффектами, особенностями кристаллической структуры наноматериалов, с физической и химической сущностью процессов и явлений, протекающих в микро- и наносистемах;
- освоение студентами основных теоретических представлений о физических процессах, определяющих закономерности поведения наноматериалов и наносистем в различных условиях эксплуатации;
- приобретение практических навыков по анализу свойств наноматериалов современными методами и технологиями, а также использованию теоретических положений для решения практических задач в профессиональной деятельности.


2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Материаловедение наноматериалов и наносистем» относится к базовой части Блока 1 цикла подготовки бакалавров по направлению **28.03.02. «Наноинженерия»**, в котором изучаются физические основы общего материаловедения, а также физико-химические процессы получения наноматериалов и систем на их основе.

В разделе изучаются основы кристаллического строения твердого тела, дефекты, а также фазовые равновесия и структурообразование при кристаллизации. Рассматриваются размерные эффекты наноматериалов, фазовые превращения, происходящих в наноструктурированных и нанодисперсных материалах, и их влияния на физические (механические, электрические, магнитные, каталитические и др.) и технологические свойства.

Освоение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин:

- Введение в наноинженерию
- Методы и средства измерений и контроля
- Прикладная механика
- Сопротивление материалов
- Физика. Оптика
- Физика. Электромагнетизм
- Физический практикум
- Физический практикум по оптике
- Электротехника и электроника

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		


Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих специальных дисциплин:

- Автоматизация эксперимента
- Испытания изделий
- Композиционные материалы. Металломатричные, с полимерной матрицей.
- Методы диагностики в нанотехнологиях
- Наноэлектроника
- Основы надежности технических систем
- Планирование и организация эксперимента
- Применение ЭВМ в инженерных расчетах
- Программные статистические комплексы
- Системы управления технологическими процессами
- Технологические системы в нанотехнологиях
- Физика конденсированного состояния вещества
- Физика твердого тела
- Физико-химические основы нанотехнологий
- Физические основы технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем
- Физика ядра

а также для прохождения учебной, производственной и преддипломной практик, государственной итоговой аттестации.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ОПК-3 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	Знать: основы постановки эксперимента, сбора данных и методики их обработки. Уметь: экспериментально оценивать физические свойства нано- и микросистем на различных уровнях масштабирования, применять методы теоретического и экспериментального исследования. Владеть: методами обработки и анализа полученных результатов эксперимента, а также опытом оформления отчетов по проведенным исследованиям.
ОПК-5 Способен принимать обоснованные технические	Знать: Технологические особенности получения различных наноматериалов

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		


ские решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии.	<p>Уметь: подбирать наноструктуры и методы их производства для реализации нанообъектов с заданными характеристиками под конкретные требования преобразования сигналов различной природы (электромагнитные, оптические, тепловые, механические и др.)</p> <p>Владеть: принципами и закономерностями строения и свойств кристаллических твердых тех, а также их изменений при рассмотрении нанообъектов и систем на их основе.</p>
ПК-3 Использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов для испытаний инновационной продукции наноиндустрии	<p>Знать: основные виды и свойства наноматериалов, приборов и устройств на их основе, типовые технологические процессы получения наноматериалов.</p> <p>Уметь: правильно использовать материаловедческие закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании микро- и наносистем;</p> <p>Владеть: методами экспериментального исследования параметров и характеристик наноматериалов и наносистем, методами контроля качества нанообъектов.</p>

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 6 ЗЕ.

4.2. По видам учебной работы (в часах):

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения – очная)		
	Всего по плану	в т.ч. по семестрам	
		1-4	5
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	108/108	-	108/108
Аудиторные занятия:			
• лекции	36/36	-	36/36
• Семинары и практические занятия	36/36	-	36/36
• лабораторные работы, практикумы	36/36	-	36/36
Самостоятельная работа	72/72	-	72/72
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоя-	Устный опрос, тестирование, решение	-	Устный опрос, тестирование, решение


Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

тельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	задач		задач
Курсовая работа	-	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	36/36	-	36/36
Всего часов по дисциплине	216/216	-	216/216

* В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

4.1. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий				
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме (в т.ч.)	Самостоятельная работа
		лекции	практические занятия, семинары	лабораторные работы		
1. Кристаллическое строение твердого тела	22	2	2	8	-	10
2. Дефекты в твердых телах	16	4	4	-	-	8
3. Механические свойства твердых тел	26	4	4	8	8	10
4. Диаграммы состояния	16	4	4	-	-	8
5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей.	18	4	4	-	-	10
6. Структура наноматериалов и размерные эффекты	28	6	6	-	8	8
7. Производство порошковых и объемных наноматериалов	22	6	6	8	6	10
8. Технология тонких пленок	32	6	6	12	10	8
<i>Экзамен по дисциплине</i>	36	-	-	-	-	-
ИТОГО:	216	36	36	36	32	72

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Раздел 1. Кристаллическое строение твердого тела

Тема 1. Аморфные и кристаллические тела. Структура кристаллов и пространственная решетка. Индексирование направлений, плоскостей (три способа).

Тема 2. Решетки Браве. Примеры простых кристаллографических структур.

Раздел 2. Дефекты в твердых телах

Тема 3. Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты (по Френкелю и Шоттки). Равновесная концентрация точечных дефектов.

Тема 4. Радиационные дефекты. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса.

Тема 5. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле. Движение дислокаций. Напряжения, связанные с дислокациями. Энергия дислокации. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.

Тема 6. Источники дислокаций. Механизм Франка-Рида и Бардина-Херинга. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.

Раздел 3. Механические свойства твердых тел

Тема 7. Механические напряжения и деформация. Закон Гука для изотропных твердых тел.

Тема 8. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта. Механизмы хрупкого разрушения. Теория Гриффитса и Орована.

Тема 9. Диаграмма напряжение-деформация. Характеристики упругости, пластичности и прочности. Критерий неустойчивости Консидера.

Раздел 4. Диаграммы состояния

Тема 10. Формирование структуры металла при кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Строение металлического слитка. Полиморфные превращения.


Тема 11. Строение свойства сплавов. Виды сплавов: механическая смесь, химическое соединение и твердый раствор. Классификация твердых растворов: внедрения, замещения, вычитания.

Тема 12. Методы построения диаграмм состояния. Химический потенциал. Правило фаз. Диаграммы состояния двойных систем при неограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии. Правило рычага. Темп кристаллизации.

Тема 13. Диаграммы состояния двойных систем при ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии (эвтектического и перитектического типа, химическое соединение).

Тема 14. Диаграмма состояния железо-углерод. Стабильная и метастабильная диаграмма. Структурные составляющие сплавов железа с углеродом. Критические точки. Структурные превращения в доэвтектоидных сталях. Структурные превращения в заэвтектоидных сталях.

Раздел 5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Тема 15. Углеродистые стали. Классификация по типу раскисления, по структуре, по качеству.

Тема 16. Легированные стали. Основные легирующие элементы. Маркировка легированных сталей.

Раздел 6. Структура наноматериалов и размерные эффекты

Тема 17. Классификация наноматериалов. Особенности структуры наноматериалов. Закон Холла-Петча. Термодинамическая модель кластера. Понижение температуры плавления кластеров.

Тема 18. Характеристика дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов.

Тема 19. Электрические, магнитные, тепловые свойства наноматериалов.

Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов

Тема 20. Основные методы получения консолидированных наноматериалов. Получение порошковых наночастиц. Физические методы.

Тема 21. Механические методы получения порошковых частиц. Мельницы. Ударно-волновой синтез, кавитационный. Консолидация объемных наноматериалов.

Тема 22. Получение нанокристаллических материалов. Интенсивная пластическая деформация. Аморфные металлические сплавы (АМС). Методы получения АМС.

Тема 23. Химические методы получения наночастиц и материалов: осаждения, золь-гель метод, газофазные реакции.

Тема 24. Основные разновидности углерода. Углеродные нанотрубки (УНТ), фуллерен, графен. Методы получения, свойства, применение.

Раздел 8. Технология тонких пленок

Тема 25. Тонкие пленки. Термовакuumное напыление тонких пленок. Ионно-плазменные методы получения тонких пленок.

Тема 26. Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия.

Тема 27. Пленки Ленгмюр-Блоджетт. Фазовая диаграмма. Методика получения. Применение.


Тема 28. Анодные оксидные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Механизмы роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА. Применение ПАОА.

Тема 29. Анодное окисление титана. Механизмы роста пористого оксида титана. Получение нанотрубчатого оксида титана. Применение.

Тема 30. Анодное растворение полупроводников. Механизм роста макро- и нанопористого кремния. Применение.

Тема 31. Катодное осаждение в технологии микро и наноструктур. Физико-химические основы катодного осаждения. Осаждение металлов и сплавов, матричное осаждение.

Тема 32. Литография. Фотолитография, электроннолучевая, рентгеновская, лазерная. Наноманипуляция и нанолитография. Мягкая литография.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Раздел 1. Кристаллическое строение твердого тела

Тема 1. Аморфные и кристаллические тела. Индицирование направлений, плоскостей в кристалле (дискуссия).

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Индицирование плоскостей в кристалле тремя методами: метод отрезков, по символам атомных рядов, по координатам трех узлов кристаллической решетки (КР).
2. Решетки Браве. Сингонии, элементы симметрии.
3. Особенности индицирования гексагональных КР

Раздел 2. Дефекты в твердых телах

Тема 3. Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты (по Френкелю и Шоттки). Равновесная концентрация точечных дефектов по Шоттки.

Тема 6. Источники дислокаций. Механизм Франка-Рида. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Аналитический вывод зависимости концентрации тепловых точечных дефектов от температуры.
2. Описание работы источника дислокаций по механизму скольжения и переползания.
3. Механизм возникновения дефектов упаковки и границ зерен.

Раздел 3. Механические свойства твердых тел

Тема 8. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Количественные характеристики пластических свойств материалов.
2. Механизмы хрупкого разрушения. Теория Гриффитса и Орована.

Раздел 4. Диаграммы состояния


Тема 11. Строение свойства сплавов. Виды сплавов: механическая смесь, химическое соединение и твердый раствор. Классификация твердых растворов: внедрения, замещения, вычитания.

Тема 13. Диаграммы состояния двойных систем при ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии (эвтектического типа).

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Метод построения диаграмм фазового состояния.
2. Количественное описание изменения состава и концентрации сплавов по диаграмме состояния.

Раздел 5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Тема 15. Углеродистые стали. Классификация по типу раскисления, по структуре, по качеству.

Тема 16. Легированные стали. Основные легирующие элементы. Маркировка легированных сталей.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Классификация сталей, области применения.
2. Расшифровка марок сталей.

Раздел 6. Структура наноматериалов и размерные эффекты

Тема 17. Классификация наноматериалов. Особенности структуры наноматериалов. Закон Холла-Петча. Термодинамическая модель кластера. Понижение температуры плавления кластеров.

Тема 18. Характеристика дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Вывод соотношения для температуры плавления нанокластера.
2. Удельная поверхность. Распределение по размерам.

Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов.

Тема 21. Механические методы получения порошковых частиц. Мельницы. Консолидация объемных наноматериалов.

Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Технологические особенности мельниц для получения наночастиц.
2. Методики синтеза дисперсных наноматериалов.

Раздел 8. Технология тонких пленок

Тема 26. Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия.

Тема 28. Анодные оксидные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Механизмы роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА. Применение ПАОА.


Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)

1. Механизм роста эпитаксиальных пленок. Технологические особенности реализации.
2. Электрохимические методы формирования пористых наноструктур. Механизмы порообразования. Возможность получения тонких композитных пленок.

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)

Раздел 3. Механические свойства твердых тел

Тема 7. Механические напряжения и деформация. Закон Гука для изотропных твердых тел.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Тема 8. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта. Механизмы хрупкого разрушения. Теория Гриффитса и Орована.

Тема 9. Диаграмма напряжение-деформация. Характеристики упругости, пластичности и прочности. Критерий неустойчивости Консидера.

Лабораторная работа №1. Определение параметров упругости, пластичности и прочности материалов по диаграмме растяжения.

Цель работы: изучение поведения конструкционных материалов при испытании на растяжение; ознакомление со стандартными методиками определения характеристик упругости, прочности и пластичности.

Результаты лабораторной работы: освоение основ работы на машине растяжения, получение и обработка экспериментальных данных, оценка основных характеристик упругости, прочности и пластичности.

Раздел 4. Диаграммы состояния

Тема 10. Формирование структуры металла при кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Строение металлического слитка. Полиморфные превращения.

Лабораторная работа №2. Применение термоэлектрического эффекта для измерения температуры.

Цель работы: изучение основных свойств термопар и возможностей их использования при решении различных научных и технологических задач; изготовление и градуировка термопар.

Результаты лабораторной работы: построение градуировочной кривой для данной термопар абсолютным методом с помощью системы точек фиксируемых температур, определяемых фазовыми переходами различных веществ; определение типа термопары.

Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов

Тема 23. Химические методы получения наночастиц и материалов: осаждения, золь-гель метод, газофазные реакции.

Лабораторная работа №3. Получение и спектрофотометрические исследования наночастиц металлов.

Цель работы: познакомиться с методами химического получения коллоидных наночастиц.

Результаты лабораторной работы: освоение химического способа получения коллоидных наночастиц методом осаждения и анализ размера спектрофотометрическим способом.

Раздел 8. Технология тонких пленок


Тема 25. Тонкие пленки. Термовакuumное напыление тонких пленок. Ионно-плазменные методы получения тонких пленок.

Лабораторная работа №4. Измерение толщин окисных и металлических пленок.

Цель работы: познакомиться с методами контроля толщины окисных и металлических пленок.

Результаты лабораторной работы: освоение методики контроля толщины окисных пленок (оксид кремния) цветовым методом; измерение толщин металлических пленок интерференционным методом.

Тема 28. Анодные окисные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Меха-

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

низмы роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА. Применение ПАОА.

Лабораторная работа №5, 6. Физико-химические основы процесса получения оксида алюминия методом анодного окисления. Анализ полученных структур методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)

Цель работы: изучение принципов получения двумерных структур оксида алюминия методом анодного окисления, изучение физико-химических основ анодного окисления вещества; изучение принципа работы СЗМ.

Результаты лабораторной работы: освоение методики анодного самоформирования оксидных наноструктур; исследование топологии поверхности методами СЗМ; исследование влияния режимов анодного травления и состава электролита на параметры формируемых наноструктур.

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Для выполнения курсового проектирования студенты закрепляются за преподавателями кафедры, имеющими соответствующую ученую степень/звание. Тематика курсовых работ определяется в соответствии с научными интересами руководителя. Оценивание курсовых работ осуществляется на заседании кафедры после публичного доклада студентов и коллегиального обсуждения результатов работы.

Примерная тематика курсовых работ:

1. Исследование изменения поверхностной энергии на границе раздела жидкость-твердое тело в электрическом поле (эффект электросмачивания)

Цель: изучение физических основ возникновения явления электросмачивания на диэлектрике и технологических особенностей понижения рабочего напряжения.

Задачи:

- Отработка технологии реализации и наблюдения эффекта электросмачивания на простых системах.
- Отработка технологии синтеза диэлектрических пленок на различных материалах.
- Построение зависимостей краевого угла смачивания от напряжения.

2. Синтез композиционных материалов методом электрохимического катодного осаждения из растворов в пористые анодные оксидные матрицы вентильных металлов (Al, Ti).

Цель: создание композиционных материалов на основе тонких наноструктурированных пленок оксидов металлов.

Задачи:

- Отработка технологии синтеза пористых пленок оксидов алюминия (титана).
- Отработка технологии осаждения частиц металлов в сформированные поры.
- Анализ полученных пленок методами СЗМ.


3. Формирование проводящих слоев оксида олова методом электрохимической анодной обработки.

Цель: создание тонких прозрачных проводящих пленок на основе оксидов олово/индий.

Задачи:

- Отработка технологии синтеза тонких пленок олово/индий.
- Отработка технологии анодного окисления, подбор режимов.
- Анализ электрических свойств полученных пленок.

4. Исследование влияния упорядоченных поверхностных неоднородностей на поверхно-

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

сти металлов на значение поверхностной энергии.

Цель: формирование гидрофобных и гидрофильных поверхностей.

Задачи:

- Отработка технологии создания поверхностных неровностей различными методами: анодное окисление, лазерная абляция, селективное травление и др.
- Измерение краевых углов смачивания, проведение корреляции с параметрами полученных неровностей.

5. Синтез пористых анодных оксидных пленок на титане методов плазменно-электролитического оксидирования в растворах без фторид-ионов

Цель: Формирование пористого оксида титана в электролитной плазме.

Задачи:

- Отработка технологии плазменно-электролитической обработки материалов, снятие ВАХ.
- Анализ поверхности методами СЗМ.
- Оценка влияние плазмы на формирование пористой структуры.

6. Исследование поверхностного упрочнения металлов под действием плазменно-электролитической обработки в растворах электролитов.


Цель: Формирование поверхностно-упрочненного слоя металла методами электролитно-плазменной обработки.

Задачи:


- Отработка технологии плазменно-электролитической обработки материалов, снятие ВАХ.
- Оценка механических свойств путем испытания на твердость, растяжение.
- Описание механизмов изменения механических свойств.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Аморфные и кристаллические тела. Структура кристаллов и пространственная решетка. Индицирование направлений, плоскостей (три способа).
2. Решетки Бравэ. Примеры простых кристаллографических структур.
3. Дефекты в твердых телах. Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты (по Френкелю и Шоттки). Равновесная концентрация точечных дефектов.
4. Радиационные дефекты. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса.
5. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле. Движение дислокаций. Напряжения, связанные с дислокациями. Энергия дислокации. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.
6. Источники дислокаций. Механизм Франка-Рида и Бардина-Херинга. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.
7. Механические свойства твердых тел. Механические напряжения и деформация. Закон Гука для изотропных твердых тел.
8. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта. Хрупкое разрушение.
9. Диаграмма напряжение-деформация. Характеристики упругости, пластичности и прочности. Критерий неустойчивости Консидера.
10. Формирование структуры металла при кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Строение металлического слитка. Полиморфные превращения.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

11. Строение свойства сплавов. Виды сплавов: механическая смесь, химическое соединение и твердый раствор. Классификация твердых растворов: внедрения, замещения, вычитания.
12. Методы построения диаграмм состояния. Химический потенциал. Правило фаз. Диаграммы состояния двойных систем при неограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии. Правило рычага. Темп кристаллизации.
13. Диаграммы состояния двойных систем при ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии (эвтектического и перитектического типа, химическое соединение).
14. Диаграмма состояния железо-углерод. Стабильная и метастабильная диаграмма. Структурные составляющие сплавов железа с углеродом. Критические точки. Структурные превращения в доэвтектоидных сталях. Структурные превращения в заэвтектоидных сталях.
15. Углеродистые стали. Классификация по типу раскисления, по структуре, по качеству. Легированные стали. Основные легирующие элементы. Классификация по структуре, по количеству легирующих элементов, по назначению. Маркировка легированных сталей.
16. Особенности структуры наноматериалов. Закон Холла-Петча. Термодинамическая модель кластера. Понижение температуры плавления кластеров.
17. Характеристика дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов. Электрические, магнитные, тепловые свойства наноматериалов.
18. Основные методы получения консолидированных наноматериалов. Получение порошковых наночастиц. Физические методы.
19. Механические методы получения порошковых частиц. Мельницы. Ударно-волновой синтез, кавитационный. Консолидация объемных наноматериалов.
20. Получение нанокристаллических материалов. Интенсивная пластическая деформация. Аморфные металлические сплавы (АМС). Методы получения АМС.
21. Химические методы получения наночастиц и материалов: осаждения, золь-гель метод, газофазные реакции.
22. Основные разновидности углерода. Углеродные нанотрубки (УНТ), фуллерен, графен. Методы получения, свойства, применение
23. Тонкие пленки. Термовакuumное напыление тонких пленок. Ионно-плазменные методы получения тонких пленок.
24. Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия.
25. Пленки Ленгмюр-Блоджетт. Фазовая диаграмма. Методика получения. Применение.
26. Анодные оксидные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Механизмы роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА. Применение ПАОА.
27. Анодное окисление титана. Механизмы роста пористого оксида титана. Получение нанотрубчатого оксида титана. Применение.
28. Анодное растворение полупроводников. Механизм роста макро- и нанопористого кремния. Применение.
29. Катодное осаждение в технологии микро и наноструктур. Физико-химические основы катодного осаждения. Осаждение металлов и сплавов, матричное осаждение.


Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

30. Литография. Фотолитография, электроннолучевая, рентгеновская, лазерная. Наноманипуляция и нанолитография. Мягкая литография.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Форма обучения **очная**

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (<i>проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.</i>)	Объем в часах	Форма контроля (<i>проверка решения задач, реферата и др.</i>)
Раздел 1. Кристаллическое строение твердого тела	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	10	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 2. Дефекты в твердых телах	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	8	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 3. Механические свойства твердых тел	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	10	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 4. Диаграммы состояния	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	8	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей.	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	10	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 6. Структура наноматериалов и размерные эффекты	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	8	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	10	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 8. Технология тонких пленок	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче экзамена	8	Устный опрос, тестирование, решение задач

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы

Основная:


1. Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под редакцией Ю. П. Солнцева. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. — 336 с. — ISBN 078-5-93808-346-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/97818.html>
2. Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 190 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-00528-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/434532>
3. Наноструктурные материалы : учебное пособие / под редакцией Р. Ханнинк. — Москва : Техносфера, 2009. — 488 с. — ISBN 978-5-94836-221-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/12730.html>

Дополнительная:

4. Павлов, П.В. Физика твердого тела [Текст] : учебник / П.В. Хохлов, А.Ф. Хохлов. — Нижний Новгород : Нижегород. ун-т, 1993. — 490 с
5. Новиков, И.И. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки [Текст] : учебник для вузов / И.И. Новиков, К.М. Розин. — М. : Металлургия, 1990. — 336 с.
6. Нажипкызы, М. Физико-химические основы нанотехнологий и наноматериалов : учебное пособие / М. Нажипкызы, Р. Е. Бейсенов, З. А. Мансуров. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 196 с. — ISBN 978-5-4486-0164-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/73346.html>
7. Филяк, М. М. Получение и исследование анодного оксида алюминия : практикум / М. М. Филяк, О. Н. Каньгина. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 104 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/33650.html>.
8. Глущенко, А. Г. Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие / А. Г. Глущенко, Е. П. Глущенко. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 269 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/75388.html>

Учебно-методическая:

1. Методические указания по выполнению лабораторных работ по технологии наноматериалов для студентов бакалавриата, специалитета и магистратуры всех форм обучения / М. Ю. Махмуд-Ахунов, А. А. Соловьев, В. В. Рыбин, Т. М. Василевская; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019.
2. Лабораторные работы по физическому материаловедению : учеб. пособие / А. М. Орлов, Б. М. Костишко, А. А. Скворцов. - Ульяновск : УлГУ, 2004. - 98 с.
3. Тарасова, Н. В. Оптические методы исследований наноматериалов и наносистем : методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Материаловедение наноматериалов и наносистем» / Н. В. Тарасова. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 23 с. — ISBN 2227-8397. — Текст :

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/74408.html>

Согласовано:

И. Библиотечная 0017 НБ | Тамбиев С.З. | АМ |
Должность сотрудника научной библиотеки ФИО подпись дата

б) Программное обеспечение

не предусмотрено

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы

1.1. **IPRbooks** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ группа компаний Ай Пи Эр Медиа. - Электрон. дан. - Саратов, [2019]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>.

1.2. **ЮРАЙТ** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

1.3. **Консультант студента** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Политехресурс. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/pages/catalogue.html>.

1.4. **Лань** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО ЭБС Лань. - Электрон. дан. – С.-Петербург, [2019]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.

1.5. **Znanium.com** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система/ ООО Знаниум. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <http://znanium.com>.

2. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система/ Компания «Консультант Плюс». - Электрон. дан. - Москва: КонсультантПлюс, [2019].

3. **База данных периодических изданий** [Электронный ресурс]: электронные журналы/ ООО ИВИС. - Электрон. дан. - Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>.

4. **Национальная электронная библиотека** [Электронный ресурс]: электронная библиотека. - Электрон. дан. – Москва, [2019]. - Режим доступа: <https://нэб.рф>.

5. Федеральные информационно-образовательные порталы:

5.1. Информационная система [Единое окно доступа к образовательным ресурсам](http://window.edu.ru). Режим доступа: <http://window.edu.ru>.

5.2. Федеральный портал [Российское образование](http://www.edu.ru). Режим доступа: <http://www.edu.ru>.

6. Образовательные ресурсы УлГУ:

6.1. Электронная библиотека УлГУ. Режим доступа: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>.

6.2. Образовательный портал УлГУ. Режим доступа: <http://edu.ulsu.ru>.

7. Профессиональные информационные ресурсы:

7.1. Материалы о менеджменте качества. Режим доступа: <http://quality.eup.ru>.


7.2. Издательство «Стандарты и качество». Режим доступа: <http://www.stq.ru>.

7.3. Ассоциация Деминга. Режим доступа: <http://www.deming.ru>.

7.4. Центр «Приоритет». Режим доступа: <http://www.centerprioritet.ru>.

Согласовано:

Зам. нач. УСНТ | Ключевое АВ | [подпись] |
Должность сотрудника научной библиотеки ФИО подпись дата

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории.

Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

1. Сканирующий туннельный микроскоп СТМ «УМКА»
2. Мини-анализатор размеров частиц «PhotocorMini»
3. Модуль синтеза наноразмерных частиц.
4. Микроинтерферометр МИИ-4.
5. Атомно-силовой микроскоп NanoEducator
6. Испытательная машина типа ИМАШ-20-78
7. Вакуумный универсальный пост ВУП-5.
8. Микроинтерферометр МИИ-4.
9. Микроскоп МБС-10.

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

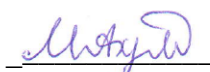
– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/ исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей

Разработчик



подпись

доцент, Махмуд-Ахунов Марат Юсупович

должность, ФИО